



Bioloxía e Xeoloxía

SERIE **OBSERVA**

O libro Bioloxía e Xeoloxía 4, para cuarto curso de ESO, é unha obra colectiva concibida, deseñada e creada no Departamento de Edicións Educativas de Santillana Educación, S. L./Edicións Obradoiro, S. L., dirixido por **Teresa Grence Ruiz** e **Ana María Guerra Cañizo**.

Na súa elaboración participou o seguinte equipo:

Leonor Carrillo Vigil

Miguel Ángel Madrid Rangel

EDICIÓN

Belén Álvarez Garrido

Daniel Masciarelli García

EDICIÓN EXECUTIVA

Begoña Barroso Nombela

DIRECCIÓN DO PROXECTO

Antonio Brandi Fernández

As actividades deste libro non deben ser realizadas en ningún caso no propio libro. As táboas, esquemas e outros recursos que se inclúen son modelos para que o alumno os traslade ao caderno.

1. Estrutura e dinámica da Terra	4
1. A orixe do sistema solar e da Terra	
2. O estudo da estrutura interna da Terra	
3. Modelo xeodinámico	
4. O motor interno da Terra	
5. Movementos verticais da litosfera	
6. Movementos horizontais da litosfera	
7. A tectónica de placas	
2. Tectónica e relevo	22
1. Bordos converxentes	
2. Bordos diverxentes e bordos de cizalla	
3. Fenómenos intraplaca. Os puntos quentes	
4. Interacción da dinámica interna e a externa. O ciclo das rochas	
5. Pregamentos	
6. Diáclases e fallas	
7. A representación do relevo. Os mapas topográficos	
3. Historia da Terra	40
1. Ideas históricas sobre a idade da Terra	
2. Actualismo e uniformismo	
3. Que nos din os fósiles?	
4. A medida do tempo xeolóxico	
5. Xeocronoloxía relativa	
6. Xeoloxía histórica	
7. Precámbrico. O pasado máis remoto	
8. Paleozoico. A diversidade da vida	
9. Mesozoico. A era dos réptiles	
10. Cenozoico. A era dos mamíferos	
4. Estrutura e dinámica dos ecosistemas	62
1. A estrutura dun ecosistema	
2. Factores abióticos e adaptacións	
3. Límites de tolerancia e factores limitantes	
4. Hábitat e nicho ecolóxico	
5. As relacións bióticas	
6. As poboacións nos ecosistemas	
7. As relacións alimentarias	
8. Pirámides tróficas	
9. Enerxía e materia nos ecosistemas	
10. Ciclos bioxeoquímicos nos ecosistemas	
11. Ciclo do carbono	
12. Ciclo do nitróxeno	
13. Ciclos do fósforo e do xofre	
14. Evolución dos ecosistemas	
5. A actividade humana e o medio ambiente	86
1. Os recursos naturais	
2. Impactos e actividades humanas sobre os ecosistemas	
3. Impactos negativos sobre a atmosfera	
4. Impactos negativos sobre a hidrosfera	
5. Impactos negativos sobre o solo	
6. Impactos negativos sobre a biosfera	
7. A superpoboación e as súas consecuencias	
8. Desenvolvemento sustentable	
9. Os residuos	
10. A xestión dos residuos	
11. A reciclaxe	
12. Fontes renovables de enerxía	

6. A organización celular dos seres vivos	108
1. A teoría celular	
2. Tipos celulares e a súa relación evolutiva	
3. A célula eucariota	
4. O núcleo celular	
5. O ciclo celular	
6. Os cromosomas	
7. A división celular	
8. A meiose	
7. Herdanza e xenética	126
1. Mendel e o estudo da herdanza	
2. O nacemento da xenética	
3. As leis de Mendel	
4. Resolución de problemas de xenética	
5. Dominancia incompleta e codominancia	
6. A teoría cromosómica da herdanza	
7. Xenética humana	
8. A determinación xenética do sexo na especie humana	
9. Trastornos de orixe xenética	
10. Prevención e diagnóstico de trastornos xenéticos	
8. Información e manipulación xenética	148
1. O ADN e os ácidos nucleicos	
2. A replicación do ADN	
3. Do ADN ás proteínas	
4. Como se expresa a información xenética	
5. As mutacións	
6. Biotecnoloxía e enxeñaría xenética	
7. Técnicas de enxeñaría xenética	
8. Aplicacións biotecnolóxicas	
9. A clonación e as células nai	
10. O Proxecto Xenoma Humano	
11. Bioética	
9. A orixe e a evolución da vida	170
1. A orixe da vida	
2. A orixe da biodiversidade	
3. Lamarck e a herdanza dos caracteres adquiridos	
4. Darwin e Wallace. A selección natural	
5. Bases xenéticas da variabilidade	
6. Mecanismos evolutivos máis comúns	
7. Probas a favor da evolución	
8. Adaptación e especiación	
9. Modelos evolucionistas actuais	
10. Hominización	
11. Evolución humana	

Proxectos de investigación	194
• Pódense avaliar os impactos ambientais?	
• Son prexudiciais os alimentos transxénicos?	
• Inflúen os procesos xeolóxicos na evolución dos seres vivos?	

Dicionario científico	200
------------------------------	------------





Interpreta a imaxe

Claves para comezar

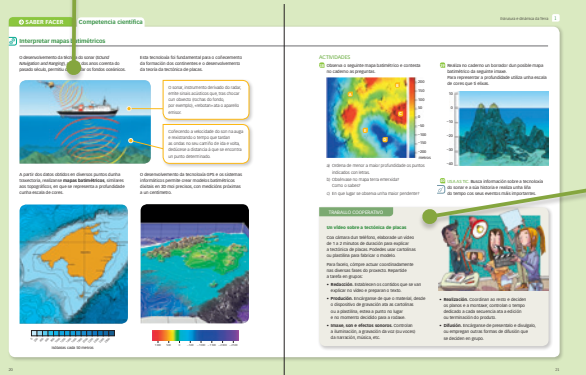
Facémonos preguntas

- É posible observar a formación dunha illa?
- Por que hai fósiles mariños nalgúns cumios do Pireneo?
- Como pode saberse o aspecto que tiñan os dinosauros se só coñecemos os seus restos fósiles?
- Que é o fototrampeo?
- Os cumios do clima, ¿que son e para que serven?
- Como funciona o microscopio electrónico?
- Que son as enfermidades de raza?
- Que son os OGM?
- Como se traballa nun xacemento arqueolóxico?

SABER FACER

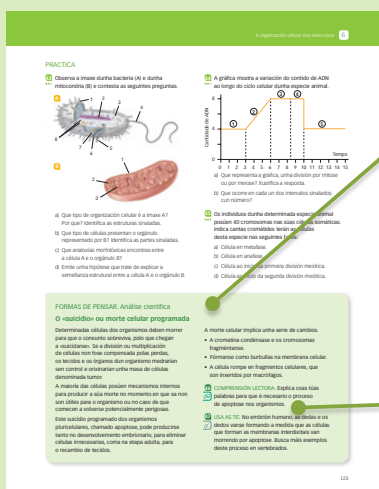
- Interpretar o magnetismo remanente
- Interpretar mapas batimétricos
- Realizar un perfil topográfico
- Identificar as características dos cráteres de impacto
- Usar o método radiométrico do potasio-argon
- Interpretar cortes xeolóxicos
- Interpretar icnitas
- Medir factores abióticos en ecosistemas terrestres e acuáticos
- Aprender a separar residuos
- Medir a pegada ecolóxica

- Observar as fases da mitose
- Realizar e interpretar cariotipos
- Realizar un cruzamento proba
- Resolver un problema con dous caracteres
- Resolver problemas sobre a herdanza ligada ao cromosoma X
- Interpretar árbores xenealóxicas
- «Descifrar» o código xenético
- Interpretar pegadas xenéticas
- Interpretar a distancia evolutiva entre especies
- Interpretar unha árbore filoxenética



Traballo cooperativo

- Un vídeo sobre a tectónica de placas
- Unha reprodución de cráteres de impacto
- Unha escala do tempo xeolóxico
- Un póster científico sobre Parques Nacionais
- Unha ecoauditoría ambiental
- Unha presentación dixital sobre a mitose
- Un cómic sobre os estudos de Mendel
- Unha revista científica
- Un póster sobre a evolución dos cans



Análise científica

- «Cinto de fogo» do Pacífico
- O misterio dos atois
- A formación de fósiles
- Sistema depredador-presa
- Ozono bo, ozono malo

- O «suicidio» ou morte celular programada
- A herdanza influída polo sexo
- Declaración Universal sobre o Xenoma Humano e os Dereitos Humanos
- Hibridacións entre homínidos bípedes

Competencias

- Competencia matemática, científica e tecnolóxica
- Competencia lingüística

- Aprender a aprender
- Competencia dixital

- Competencia social e cívica
- Iniciativa e emprendemento

1

Estrutura e dinámica da Terra

SABER

- A orixe do sistema solar e da Terra
- O estudo da estrutura interna da Terra
- Modelo xeodinámico
- O motor interno da Terra
- Movementos verticais da litosfera
- Movementos horizontais da litosfera
- A tectónica de placas

SABER FACER

- Interpretar o magnetismo remanente
- Interpretar mapas batimétricos

A erupción iniciouse a máis de 100 metros de profundidade e o cono volcánico que se formou tardou varios meses en saír á superficie.

A illa chegou a ter unha superficie de case 3 quilómetros cadrados e unha altura máxima de 130 metros, dimensións que actualmente se reduciron debido á rápida erosión.



INTERPRETA A IMAXE

- Estamos observando un fragmento de codia oceánica ou de codia continental?
- Poderías dicir que tipo de rochas son as que se observan en primeiro plano?
- Que tipo de axentes xeolóxicos puideron xerar a súa rápida erosión?
- Hai algunha proba que che faga pensar que se instalou vida nesta illa?

Surtsey é un laboratorio ao aire libre que ofrece aos científicos a oportunidade de estudar desde cero como os seres vivos colonizan novos ambientes.

Debido a esta circunstancia, no ano 2008 a Unesco recoñeceu esta illa como Patrimonio da Humanidade.

FACÉMONOS PREGUNTAS

É posible observar a formación dunha illa?

A mediados de novembro de 1963, produciuse un fenómeno moi poucas veces presenciado, o nacemento dunha nova masa de terra emerxida.

Tivo lugar en Islandia, a 32 quilómetros ao sur. O 14 de novembro, a tripulación dun barco pesqueiro que traballaba pola zona puido comprobar como do mar xurdían burbullas e un estraño fume negro. Tras o seu aviso ás autoridades, diversos grupos de científicos trasladáronse ao lugar para estudar de primeira man o fenómeno.

Aos poucos días, a lava, procedente dun volcán submarino, ía saíndo á superficie, arrefriando rapidamente e aumentando cada vez máis o tamaño da nova illa, á que se bautizou como Surtsey.

A actividade do volcán cesou en xullo de 1967.

OPINA. Por que cres que un fenómeno así podería ter tanto interese para os científicos?



Na actualidade, xa se estableceron na illa máis de trinta especies de plantas, existe unha colonia estable de gaivotas, confirmouse que unha poboación de focas grises a usa regularmente como lugar de cría e baixo a auga obsérvanse gran cantidade de equinodermos e algas.



CLAVES PARA COMEZAR

- Que son as placas litosféricas?
- Nalgúns lugares do planeta dáse a coincidencia de que hai unha grande actividade volcánica e sísmica. Existe algunha relación entre estes dous fenómenos?
- Móvense as placas litosféricas? En caso afirmativo, explica brevemente cal é o motor que as fai moverse.



CLAVES PARA ESTUDAR

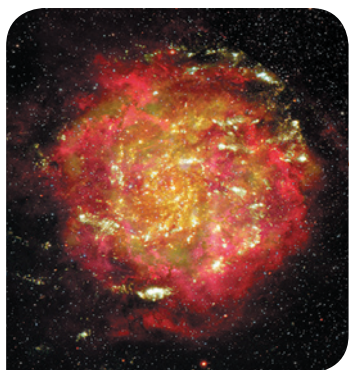
- Coñecer a orixe do sistema solar e dos planetas.
- Coñecer os compoñentes da Terra e a súa orixe.

1

A orixe do sistema solar e da Terra

Segundo os astrónomos, o sistema solar comezou a formarse hai uns 5 000 m. a. no corazón dunha nebulosa, unha gran nube fría de po cósmico e gas (principalmente, hidróxeno e helio), situada no extremo dun dos brazos da nosa galaxia, a Vía Láctea.

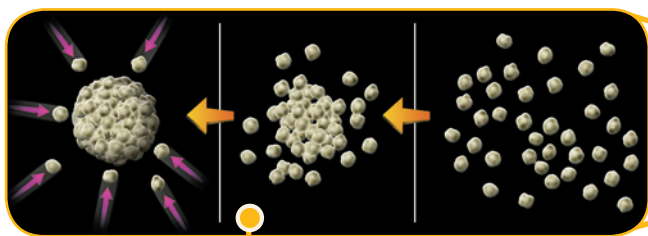
A hipótese máis aceptada na actualidade sobre a orixe do Sol e do sistema solar coñécese como **acreción planetesimal**.



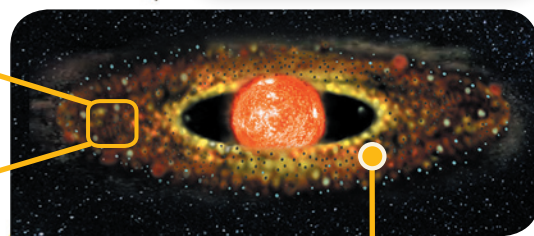
Ao xirar sobre si mesma, a nebulosa comezou a contraerse, adquirindo forma de disco.



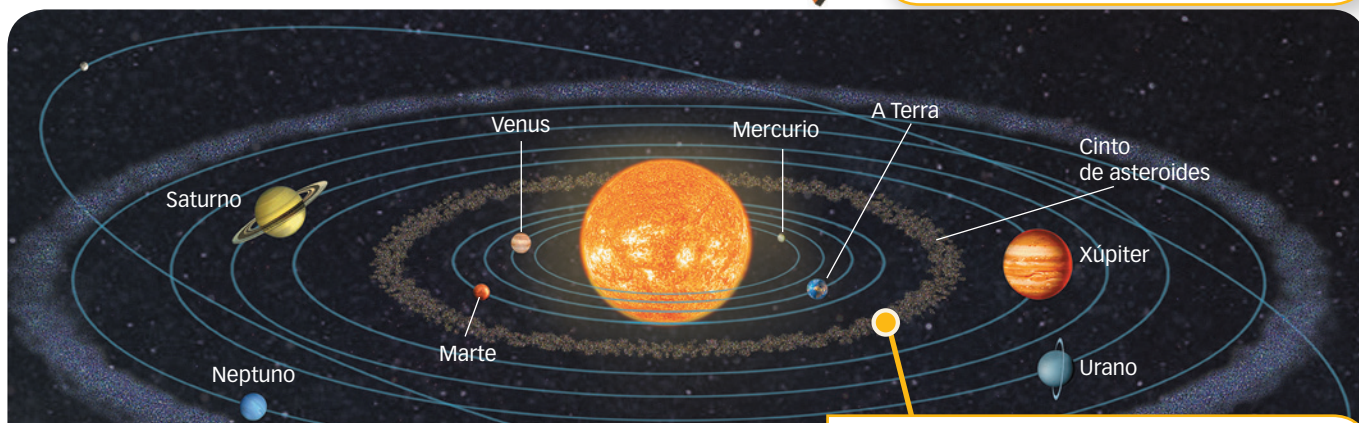
Por efecto da gravidade, no centro do disco concentrouse unha enorme masa de hidróxeno e helio, e a súa temperatura foi en aumento ata iniciar as reaccións de fusión termonuclear que activaron o Sol.



Estas partículas colidían entre elas por efecto da gravidade, dando lugar a estruturas cada vez maiores, chamadas **planetesimais**.



Arredor daquel primitivo Sol gravitarían grandes cantidades de partículas sólidas, compostas fundamentalmente por ferro, silicio, etc.



Ao longo duns 400-450 m. a., fóronse formando os planetas:

- Catro rochosos: Mercurio, Venus, Terra e Marte.
- Catro formados principalmente por gases: Xúpiter, Saturno, Urano e Neptuno.

Entre os dous grupos de planetas localízase o cinto de asteroides, con pequenos e numerosos planetoides, do que proceden gran parte dos meteoritos que coliden coa Lúa, coa Terra e co resto dos planetas.

A Terra e os seus compoñentes

A Terra pode dividirse en catro compoñentes ou «esferas»: xeosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera. Cada unha ten a súa propia entidade, pero entre elas existe un continuo intercambio de materia e enerxía.

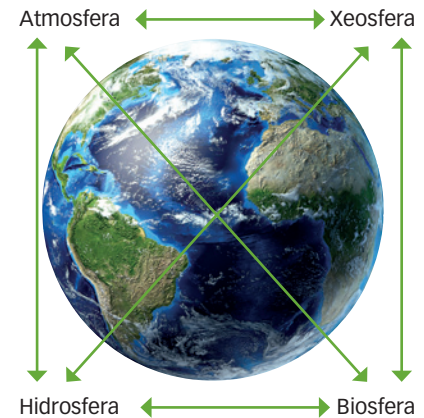
- **Xeosfera.** Hai uns 4 500 m. a., a Terra debeu de ser unha gran bóla de rocha fundida a causa de tres procesos que xeraban calor:
 - Os impactos de planetesimais durante a acreción.
 - A desintegración de isótopos radioactivos, como o potasio-40 e o uranio-235.
 - A diferenciación dos materiais en capas de densidade crecente debido á gravidade. O ferro, ao ser o máis pesado, pasou a formar parte do núcleo metálico. Flotando sobre el quedaron os silicatos de ferro e magnesio do manto, e sobre estes, os silicatos de aluminio, que formaron unha delgada codia.
- **Atmosfera e hidrosfera.** Durante o proceso de **diferenciación gravitacional** desprendeuse unha gran cantidade de gas. Os gases máis lixeiros, hidróxeno e helio, escaparon cara ao espazo exterior, mentres que outros, como o dióxido de carbono e o vapor de auga, quedaron atrapados na codia, de onde escapaban a través de fisuras, orixinando unha grande actividade volcánica que deu orixe á atmosfera primitiva.

Posteriormente, a auga da atmosfera condensouse e as intensas chuvias inundaron as depresións da superficie sólida, o que deu orixe á hidrosfera.

- **Biosfera.** A distancia ao Sol e as condicións físico-químicas, como a temperatura e a existencia de auga líquida, favoreceron a presenza de vida na Terra.

Entre outras consecuencias, a actividade biolóxica influíu:

- Na osixenación da atmosfera.
- Na formación de solos.
- Na creación de grandes espesores de rochas, como as calcarias, xeradas a partir da precipitación de carbonatos durante a formación de arrecifes de coral ou a acumulación de cunchas e esqueletos de carbonato cálcico.



Erupción do volcán Eyjafjalla en Islandia. A desgasificación da Terra continúa na actualidade.

ACTIVIDADES

- 1 Como explicas que os planetas máis achegados ao Sol sexan máis densos ca os máis afastados?
- 2 Explica se a cantidade de auga que forma a hidrosfera permanece constante ou tende a aumentar co tempo.
- 3 **USA AS TIC.** Busca procesos e fenómenos que impliquen transferencia de materia e enerxía entre os catro compoñentes da Terra. Un exemplo de interacción da biosfera e a xeosfera pode ser a formación de carbón e petróleo ou a formación de arrecifes de coral.



CLAVES PARA ESTUDAR

- Explicar como se empregan as ondas sísmicas para coñecer o interior da Terra.
- Coñecer a estrutura da Terra segundo o modelo xeoquímico.

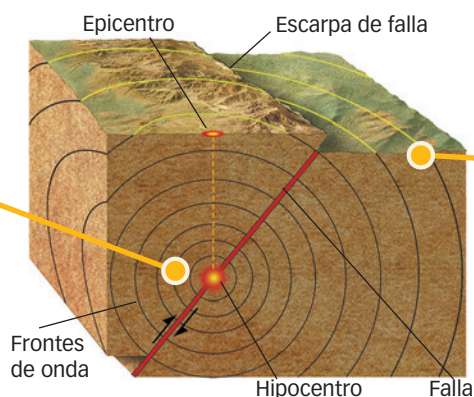
2

O estudo da estrutura interna da Terra

Para estudar e coñecer o interior da Terra, os xeólogos recorren aos terremotos, tamén chamados sismos, da mesma maneira que a medicina recorre a tecnoloxías como os raios X, escáneres ou ecografías.

Os terremotos son tremores de terra causados por sacudidas bruscas da codia terrestre, debidas ao súbito desprazamento de grandes masas rochosas situadas en zonas de fractura ou fallas.

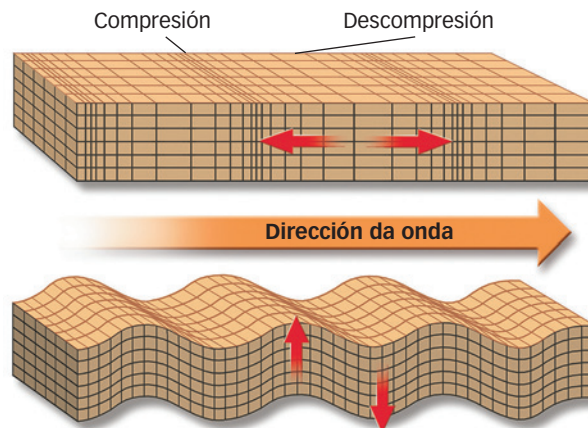
A partir do punto de rotura, chamado **hipocentro** ou **foco**, propáganse vibracións en forma de **ondas sísmicas** que forman fronteiras de ondas esféricas viaxando polo interior da Terra. Distingúense dous tipos de ondas sísmicas: **P** e **S**.



O punto da superficie terrestre a onde primeiro chegan estas ondas é o situado na vertical do foco, e denomínase **epicentro**; a partir del, xéranse as **ondas superficiais** causantes dos efectos catastróficos dos terremotos.

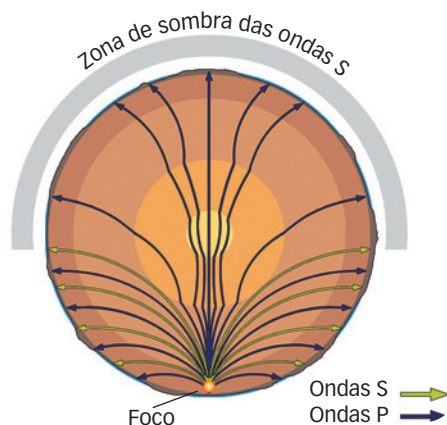
Ondas primarias (P). Son as máis rápidas, polo que son as primeiras en chegar aos sismógrafos. As partículas vibran na mesma dirección ca a onda mediante movementos de compresión e descompresión. Son capaces de atravesar tanto materiais sólidos coma líquidos, aínda que a súa velocidade se reduce ao atravesar estes últimos.

Ondas secundarias (S). A súa velocidade é menor, polo que son rexistradas en segundo lugar polos sismógrafos. As partículas vibran perpendicularmente á traxectoria da onda. Só se propagan a través de materiais sólidos, non polos fluídos.



Denomínase «zona de sombra» aquela en que determinadas ondas non se reciben.

Traxectoria das ondas P e S polo interior da Terra.



Cando as ondas pasan dunha capa da Terra a outra de diferente composición química ou comportamento dinámico, refléctanse ou refráctanse, dando como resultado cambios na velocidade e na dirección da súa traxectoria.

Ao analizar os rexistros das ondas sísmicas, os sismólogos interpretan cal é o estado físico das capas (rígido, plástico ou fluído) e localizan a que profundidade se encontran as **descontinuidades** sísmicas ou separacións entre as capas.

Modelo xeoquímico da estrutura interna da Terra

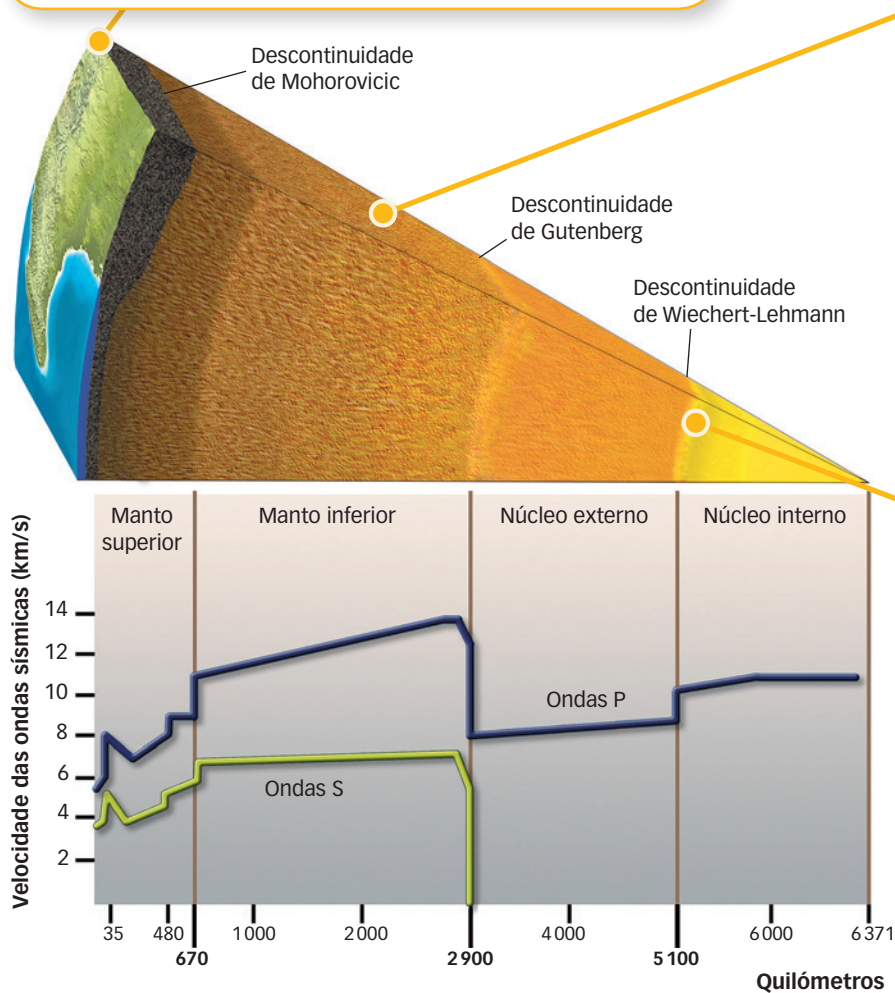
A partir do comportamento das ondas P e S no interior terrestre, a sismoloxía ofrécenos dous modelos ou representacións deste. O primeiro, denominado **modelo estático** ou **xeoquímico**, céntrase na composición das capas.

Desde a superficie cara ao interior, encontramos tres capas: **codia**, **manto** e **núcleo**, separadas entre si por tres grandes discontinuidades sísmicas, que levan os nomes dos seus descubridores.

Codia. Está constituída maioritariamente por silicatos de aluminio. A súa natureza e historia é diferente nos fondos oceánicos que nos continentes, polo que se distinguen dous tipos: **codia continental** e **codia oceánica**.

? INTERPRETA A IMAXE

- 4 Como sabemos que hai unha discontinuidade observando o gráfico das ondas P e S?



Manto. É unha capa de rochas ígneas ricas en silicatos de ferro e magnesio, como a peridotita, da que o principal mineral é a olivina.

Divídese en **manto superior** e **manto inferior**, separados por unha **zona de transición** en que as propiedades físicas das rochas do manto superior van variando debido ao incremento de presión e temperatura, dando lugar a materiais máis densos.

Núcleo. Formado por ferro practicamente puro, mesturado cunha pequena porcentaxe de níquel e sulfuros de ferro. Ten dúas partes con diferente estado físico: **núcleo externo**, en estado líquido, e **núcleo interno**, en estado sólido.

A fluidez do núcleo externo é similar á da auga, e está axitado por violentas correntes de convección que orixinan o **campo magnético terrestre** ou **magnetosfera**.

ACTIVIDADES

- 5 Debuxa proporcionalmente a gráfica da propagación das ondas sísmicas no interior dun planeta imaxinario que tivese as seguintes características segundo se afonda no seu interior:

- 0-700 km: capa sólida cuxa densidade e rixidez vai aumentando progresivamente.
- 700-1500 km: capa sólida e homoxénea.
- 1500-3000 km: capa fluída.



CLAVES PARA ESTUDAR

- Coñecer a estrutura da Terra segundo o modelo xeodinámico.



INTERPRETA A IMAXE

- 6 Que diferenzas aprecias entre a estrutura da Terra segundo o modelo xeodinámico e o xeoquímico?

3

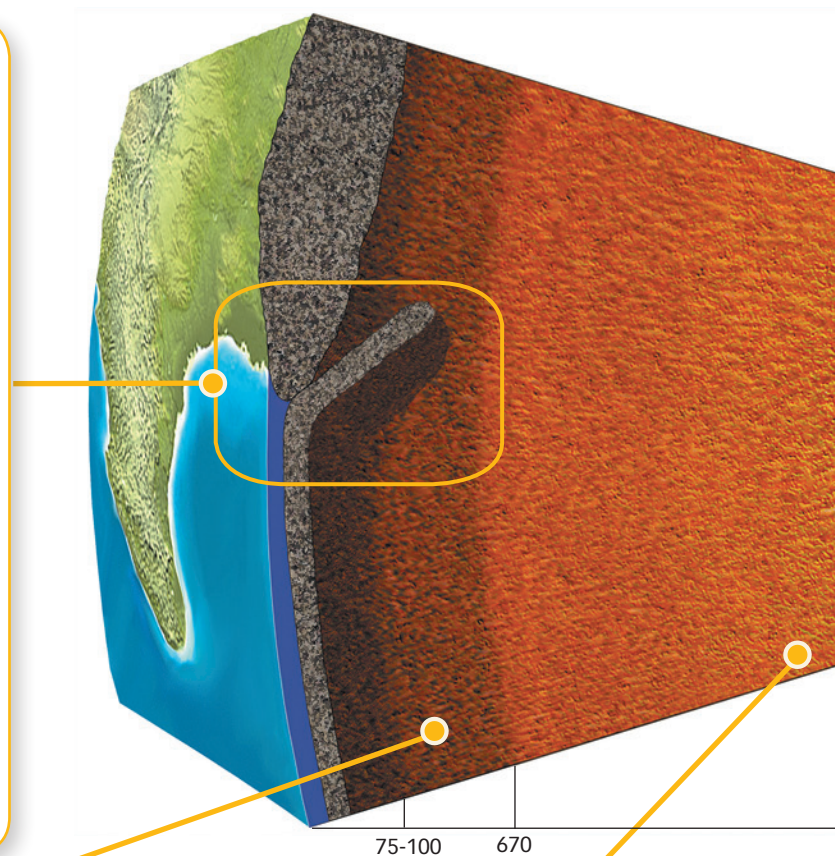
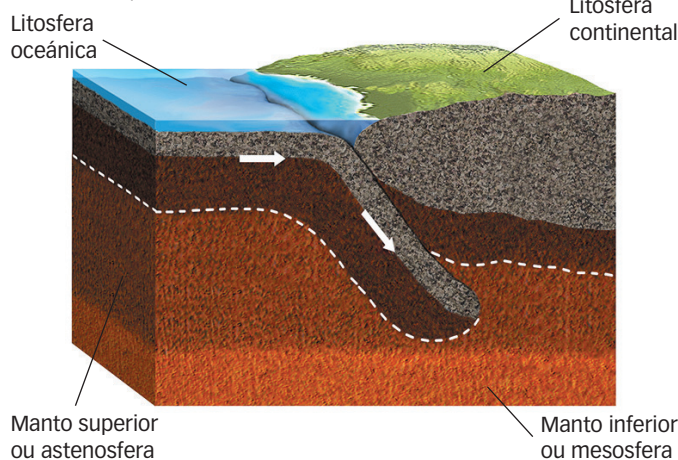
Modelo xeodinámico

O segundo modelo sobre a estrutura interna da Terra, denominado **xeodinámico**, está baseado no estado físico das capas (plasticidade, rixidez ou densidade) e nas súas propiedades mecánicas como resposta ás presións e ás temperaturas ás que se encontran.

O modelo xeodinámico concibe a Terra como unha máquina térmica, en que a axitación de átomos e moléculas producida polos cambios de temperatura modifica a estrutura e composición dos materiais e, polo tanto, xera movementos e presións que se liberan lenta ou bruscamente, transformando a enerxía térmica en enerxía mecánica. Desde a superficie ata o interior encóntranse as seguintes capas: **litosfera**, **astenosfera**, **mesosfera**, **zona D''** e **endosfera**.

Litosfera

A parte máis externa do manto superior está firmemente unida á codia formando un conxunto ríxido, a **litosfera**, da que existen dous tipos: a litosfera **oceánica** e a **continental**. Ao ser arrastrada polos movementos do manto sublitosférico, frágmentase en grandes bloques, chamados **placas litosféricas**, que encaixan entre si e están sometidas a movementos horizontais, **tectónica de placas**, ou verticais, **axustes isostáticos**.



Astenosfera ou manto superior sublitosférico

Situada entre a litosfera e a mesosfera. Tras anos de controversia sobre a súa existencia, actualmente considérase coincidente co manto superior.

Trátase dunha capa plástica que mostra tendencia a fluír ante esforzos aplicados durante longos períodos de tempo, como os que actúan durante os movementos da litosfera.

Mesosfera

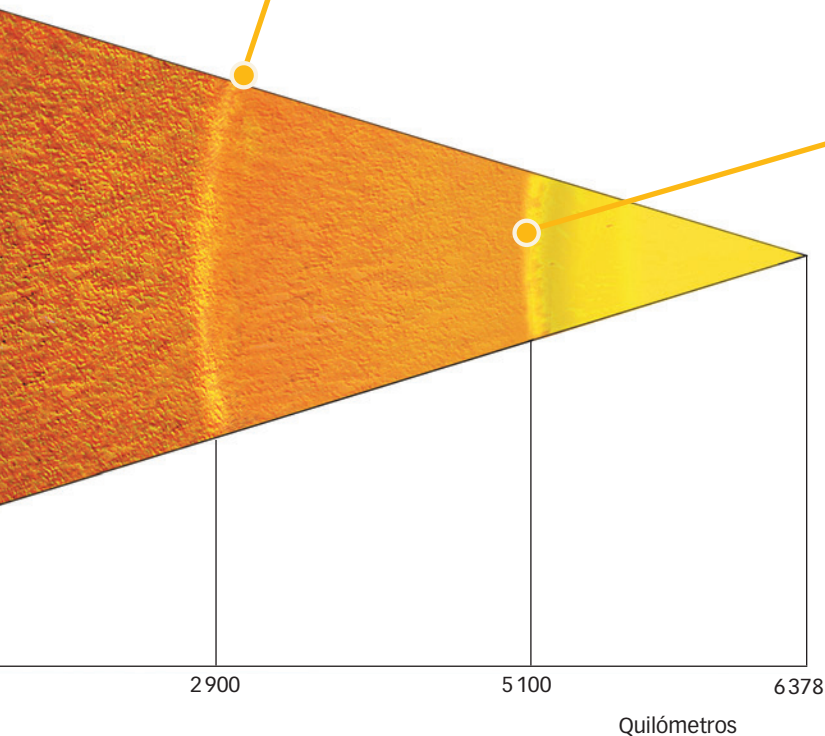
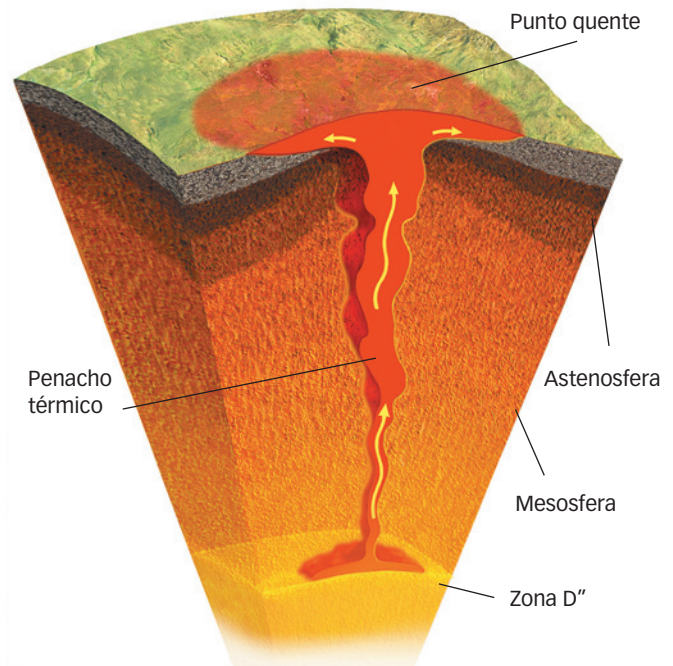
Comprende a rexión do manto inferior, desde 670 km de profundidade ata a capa D''. Aínda que sólida, é capaz de fluír moi lentamente (uns poucos centímetros ao ano) e, tamén, permite o descenso de placas litosféricas frías procedentes das zonas de subducción, e o ascenso das plumas de magma procedentes da zona D''.

Zona ou capa D''

Trátase dunha das zonas máis dinámicas do planeta. Acumula calor procedente do núcleo externo e dela escapan, de forma episódica, os chamados **penachos térmicos**, plumas de magma moi quente que alcanzan e perforan a litosfera, orixinando os chamados **puntos quentes** con intensa actividade volcánica, como as illas Hawai.



Erupción do volcán Kilauea.

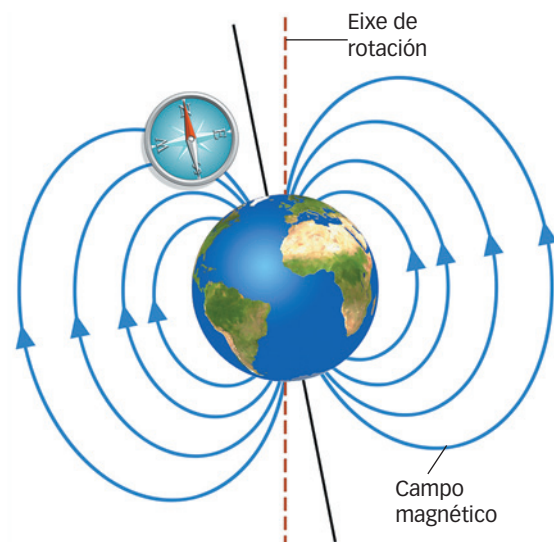


Endosfera

Coincide co núcleo (interno e externo) do modelo xeoquímico. A calor do núcleo interno, sólido, propágase ao núcleo externo, líquido, e xera correntes de convección que evacúan a calor cara ao exterior e acumúlana na zona ou capa D''.

Por outra parte, estas correntes de convección son as causantes do campo magnético terrestre.

O campo magnético consiste en liñas de forza invisibles que atravesan a Terra e se estenden dun polo magnético a outro. Estes polos non coinciden exactamente cos xeográficos, senón que están separados por unha distancia que varía co tempo.



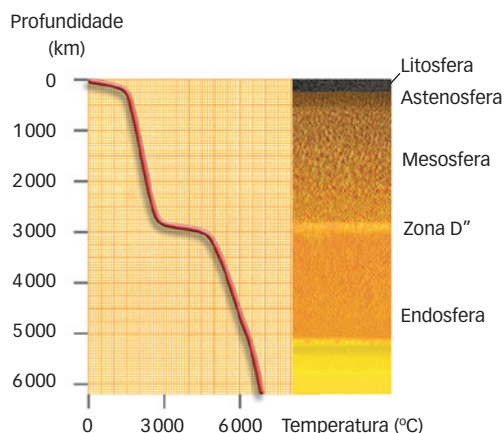
ACTIVIDADES

- 7 **USA AS TIC.** Busca información sobre a astenosfera e explica por que a súa existencia foi polémica na historia da xeoloxía.
- 8 Explica de que maneira se transmite a calor desde a endosfera ata a litosfera.



CLAVES PARA ESTUDAR

- Comprender os mecanismos responsables da dinámica interna da Terra.
- Identificar as causas dos movementos verticais da codia.



O gradiente térmico é a variación da temperatura coa profundidade.



INTERPRETA A IMAXE

- 9** Se o gradiente xeotérmico fose constante desde a superficie da Terra ata o centro, ¿cal sería a temperatura dese centro? Compara o valor que calculaches co da gráfica da figura superior. A que pode deberse esta diferenza?

ACTIVIDADES

- 10** A que profundidade debería encontrarse unha fonte de auga, nunha zona con gradiente térmico normal ($3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) para obter vapor a unha temperatura de $150\text{ }^{\circ}\text{C}$?

4

O motor interno da Terra

Para entender como actúa a dinámica interna da Terra, hai que ter en conta a gravidade e a enerxía interna en forma de calor.

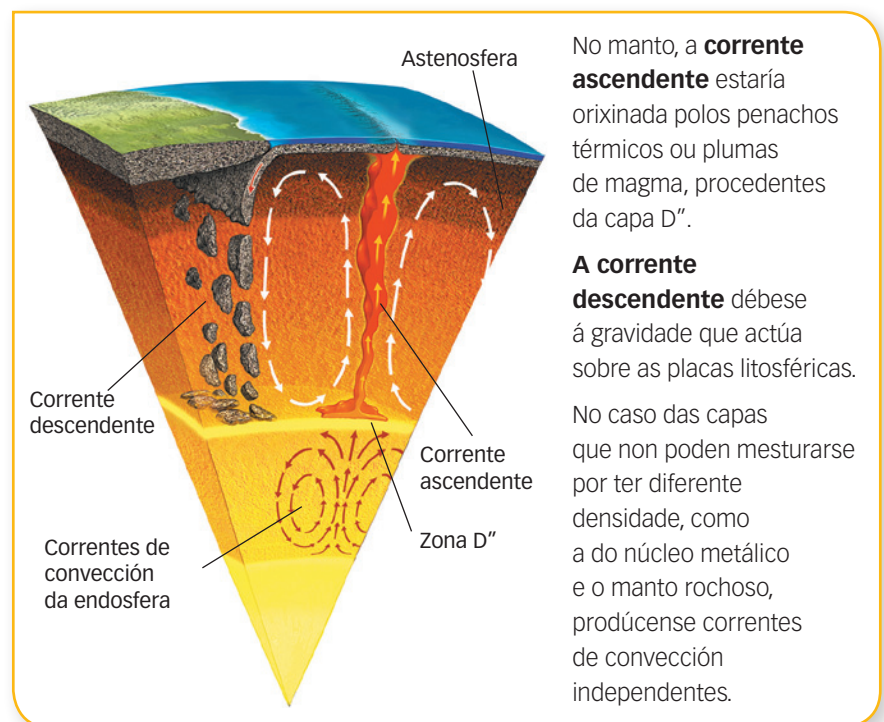
A maior parte desta calor procede da etapa inicial da Terra, cando esta se encontraba fundida. Outra parte débese á desintegración radioactiva de isótopos inestables, que segue xerando calor na actualidade. A pesar disto, podemos considerar que a Terra é un corpo que arrefría lentamente.

O aumento de temperatura cara ao interior da Terra recibe o nome de **gradiente xeotérmico**. Na codia, o seu valor medio é de $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ por cada 100 metros, chegando a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ por cada 100 metros nas áreas volcánicas. A profundidades maiores, estes valores non se manteñen e a distribución de temperaturas estímase en función de extrapolacións baseadas en experimentos de laboratorio e nos datos sísmicos.

Transporte de calor na xeosfera

O **fluxo térmico** é a cantidade de enerxía calorífica que chega á superficie terrestre desde o interior do planeta. Esta calor pode transmitirse por **conducción**, pero, debido á baixa condutividade das rochas, trátase dun mecanismo moi lento.

O verdadeiro motor da dinámica interna da Terra son as **correntes de convección**, mediante as cales o material quente, menos denso e, polo tanto, máis lixeiro, ascende cara á superficie. Cando arrefría, este material aumenta a súa densidade e volve fundirse. Este fluxo de materiais é xerado pola forte variación de temperatura entre a litosfera e a capa D''.



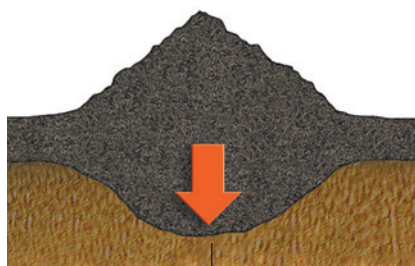
5

Movimentos verticais da litosfera

A litosfera ríxida «flota» sobre o manto sublitosférico, mantendo un equilibrio de flotación chamado **isostase**.

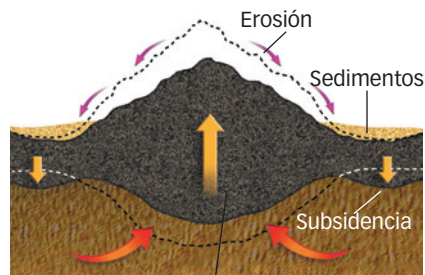
Este equilibrio al térase debido a dinámicas que poden ser de orixe interna ou externa, que provocan movementos na vertical de bloques ou porcións de litosfera, para restablecer o equilibrio isostático, como sucede nun barco cando se carga ou se descarga.

Un incremento do peso sobre a litosfera pode provocar o seu afundimento, fenómeno denominado **subsistencia**. Un exemplo son as grandes acumulacións de xeo sobre os continentes durante as glaciacións, ou de sedimentos nas cuncas sedimentarias. Polo contrario, a erosión ou o desxeo reducen o peso sobre os bloques, feito que provoca a súa elevación.



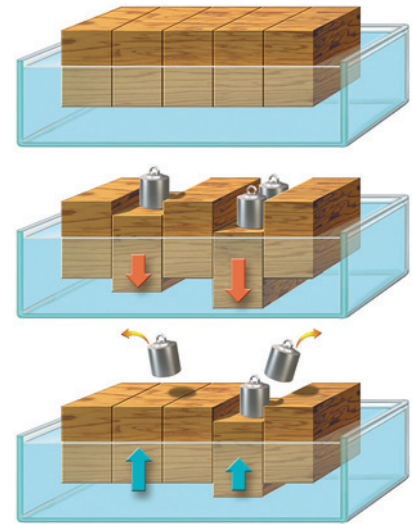
Subsistencia

O peso dos materiais que forman a montaña provoca o afundimento da codia baixo ela.



Elevación

A erosión reduce o seu peso e a dinámica interna fai que volva elevarse.



De maneira sinxela, a isostase pode ser explicada polo principio de Arquímedes, segundo o cal nun conxunto de bloques somerxidos nun fluído, cada un afundirase máis ou menos en función do seu volume e densidade.

? INTERPRETA A IMAXE

- 11 Que ocorre cos sedimentos procedentes da erosión da montaña?

SABER MÁIS

Cada día máis alto

A península de Escandinavia levantouse varias decenas de metros desde que hai 10 000 anos desapareceu o casquete de xeo que a recubría. Actualmente, continúa o seu levantamento a unha velocidade de entre 1 e 10 mm/ano, segundo as zonas.

- Ocorreseche algunha forma de medir ano tras ano este levantamento? Como o farías?



ACTIVIDADES

- 12 Observa as imaxes da dereita. A representa un corte dunha lingua glaciar e B reflicte o que sucede moitos anos despois da súa desaparición. Explica o que ocorreu.





CLAVES PARA ESTUDAR

- Coñecer as dúas principais hipóteses que defenderon o movemento das placas.

6

Movimentos horizontais da litosfera

Ata principios do século XX as ideas predominantes sobre os continentes eran **fixistas** e defendían que estes permaneceran sempre fixos nas posicións que ocupan na actualidade.

Wegener e a hipótese da deriva continental

Aínda que tivo precursores, a formulación máis completa e importante sobre posibles desprazamentos horizontais dos continentes foi a de **Alfred Wegener** en 1912. A súa **hipótese da deriva continental** relacionaba, mediante unha explicación unificadora, numerosos fenómenos observados no campo da paleontoloxía, da petroloxía, da paleoclimatoloxía, da xeodesia e da xeografía.

A mediados dos anos vinte do século pasado, a teoría da deriva continental caeu no descrédito e só comezou a ser reconsiderada uns trinta anos máis tarde.

Wegener afirmaba que os continentes podían desprazarse e que había 300 millóns de anos estiveran unidos formando unha masa continental única, á que chamou **Panxea**. Esta comezou a fragmentarse paulatinamente e os seus compoñentes foron afastándose uns doutros, desprazándose horizontalmente sobre os fondos oceánicos, de forma semellante a como os icebergs se moven no mar, dando lugar aos continentes actuais.

Para apoiar a súa teoría, Wegener presentou moitos indicios e probas, pero non podía explicar cal era a forza capaz de empurralos, polo que suxeriu que podería ser a rotación terrestre.



En 1912, Alfred Wegener publicou *A orixe dos continentes e dos océanos*, onde defendeu por primeira vez que os continentes se desprazaban.

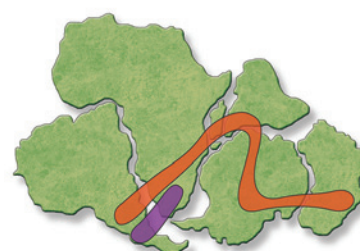


Probas xeográficas. O encaixe dos perfís dos continentes, especialmente entre África e América do Sur, fora observado e mencionado por outros autores, como Benjamin Franklin no século XVIII, e Alexander von Humboldt no XIX.



Probas paleoclimáticas.

Un exemplo son as pegadas deixadas por unha antiga glaciación que se produciu hai 300 m. a. A distribución das frechas vermellas indica as direccións dos sinais de erosión do xeo.



Glossopteris
Mesosaurus

Probas paleontolóxicas.

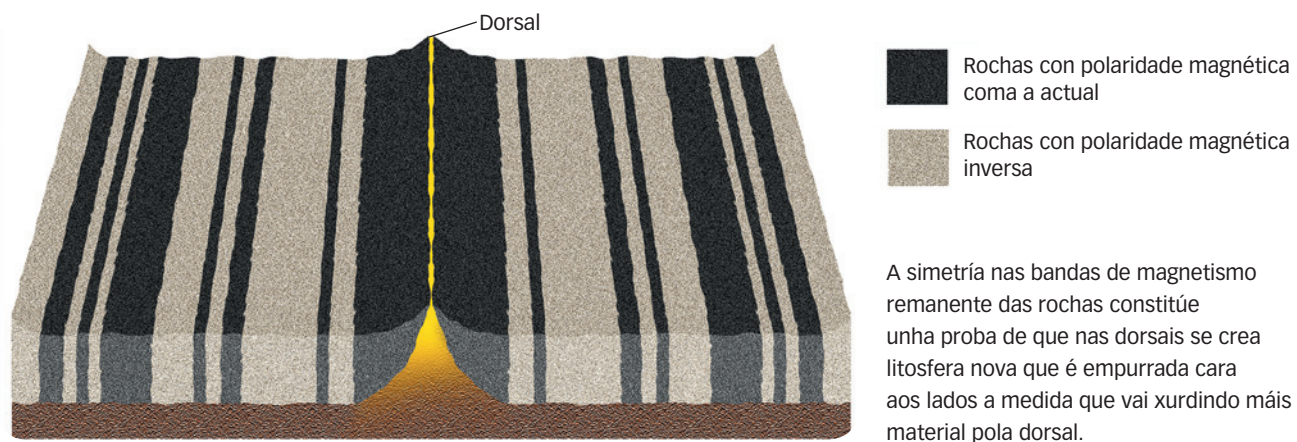
Encontrábanse fósiles de animais e plantas moi similares en continentes diferentes, o que non podía explicarse a non ser que eses continentes estivesen en contacto no pasado.

Hipótese da expansión do fondo oceánico

Tras a Segunda Guerra Mundial produciuse unha fase moi intensa de exploración oceánica, favorecida pola tecnoloxía do sonar, que permitiu elaborar detallados mapas dos fondos oceánicos. Ademais, nos laboratorios poñíanse a punto novos métodos baseados no estudo da radioactividade e do **magnetismo remanente das rochas**, mentres que o desenvolvemento dos ordenadores propiciou un tratamento máis eficaz dos datos.

O conxunto de novos descubrimentos sobre a natureza xeolóxica e xeofísica do fondo mariño culminou coa formulación da **hipótese da expansión do fondo oceánico**, realizada por **Harry Hess** en 1962.

A expansión dos fondos oceánicos ocorre nas dorsais, onde se forma nova codia oceánica mediante a actividade volcánica e o movemento gradual do fondo afastándose da dorsal.



→ SABER FACER

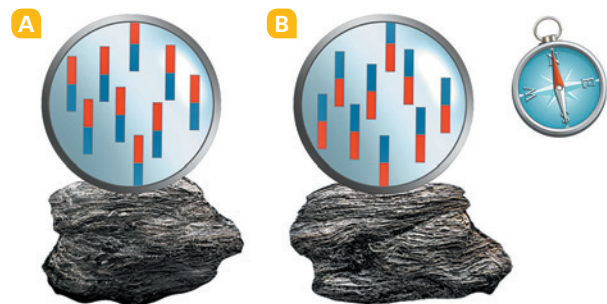
Interpretar o magnetismo remanente

A magnetita é un mineral que se forma na lava. Ao arrefriar, os cristais de magnetita oríentanse co campo magnético terrestre.

Sabemos que cada certo tempo a polaridade da Terra se inverte debido á inestabilidade do campo magnético, polo que estas diferenzas de polaridade tiveron que quedar rexistradas na propia rocha. Isto coñécese co nome de magnetismo remanente.

Os cristais de magnetita actúan como compases, polo que, para representar a súa orientación, os seus polos distínguense igual ca a agulla dun compás, representando en cor vermella o polo que apunta cara a onde estaba localizado o polo norte da Terra no momento do seu arrefriamento.

Desta maneira, os xeólogos poden identificar rochas formadas no mesmo ou en distintos períodos de polaridade da Terra.



ACTIVIDADES

- 13** As mostras A e B foron tomadas nas proximidades do bordo dunha dorsal oceánica. Tendo en conta que o último fenómeno de inversión de polaridade do campo magnético terrestre produciuse hai 780 000 anos, ¿que mostra é máis actual? Explica como o deduciches.



CLAVES PARA ESTUDAR

- Comprender os principios básicos da tectónica de placas.

7

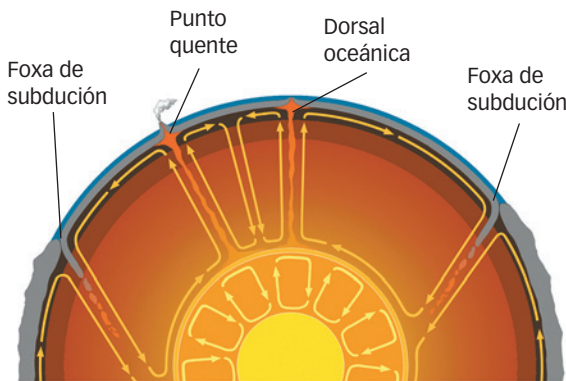
A tectónica de placas

A expansión do fondo oceánico proposta por Hess foi o detonante para o desenvolvemento dunha teoría completa sobre os procesos xeolóxicos: a **teoría da tectónica de placas**.

O concepto de placa elaborouno o xeólogo canadense **Tuzo Wilson**, a raíz da interpretación da distribución mundial de terremotos e volcáns. As placas poden ser **oceánicas**, compostas integramente por litosfera oceánica, ou **mixtas**, compostas con parte de litosfera continental e parte oceánica.

Principais postulados da tectónica de placas

- A litosfera encóntrase dividida en placas, rexións estables limitadas por franxas inestables de grande actividade sísmica e volcánica, que encaixan entre si como as pezas dun gran crebacabezas.
- A litosfera oceánica, máis delgada e densa ca a continental, xérase continuamente nas dorsais oceánicas. Dado que o volume terrestre é constante, unha cantidade equivalente á litosfera oceánica creada destrúese nas foxas.
- A calor interna da Terra xunto coa forza da gravidade xeran correntes de convección que moven unhas placas con respecto a outras, arrastrando con elas os continentes.
- As placas actúan entre elas e dan orixe ás grandes estruturas do relevo terrestre e fenómenos asociados, como os terremotos.



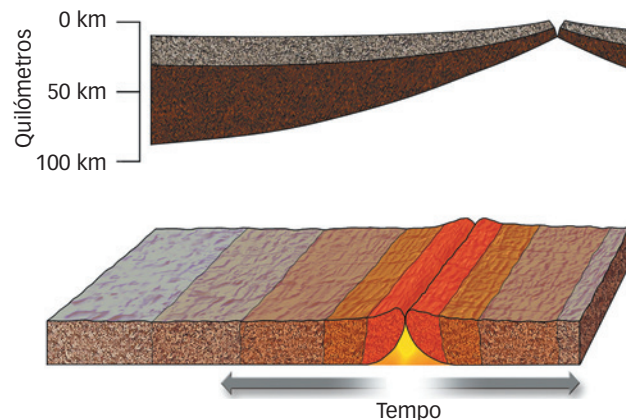
O traballo conxunto entre as foxas, as dorsais e os puntos quentes permite que o tamaño da Terra sexa constante.

Algunhas probas da tectónica de placas

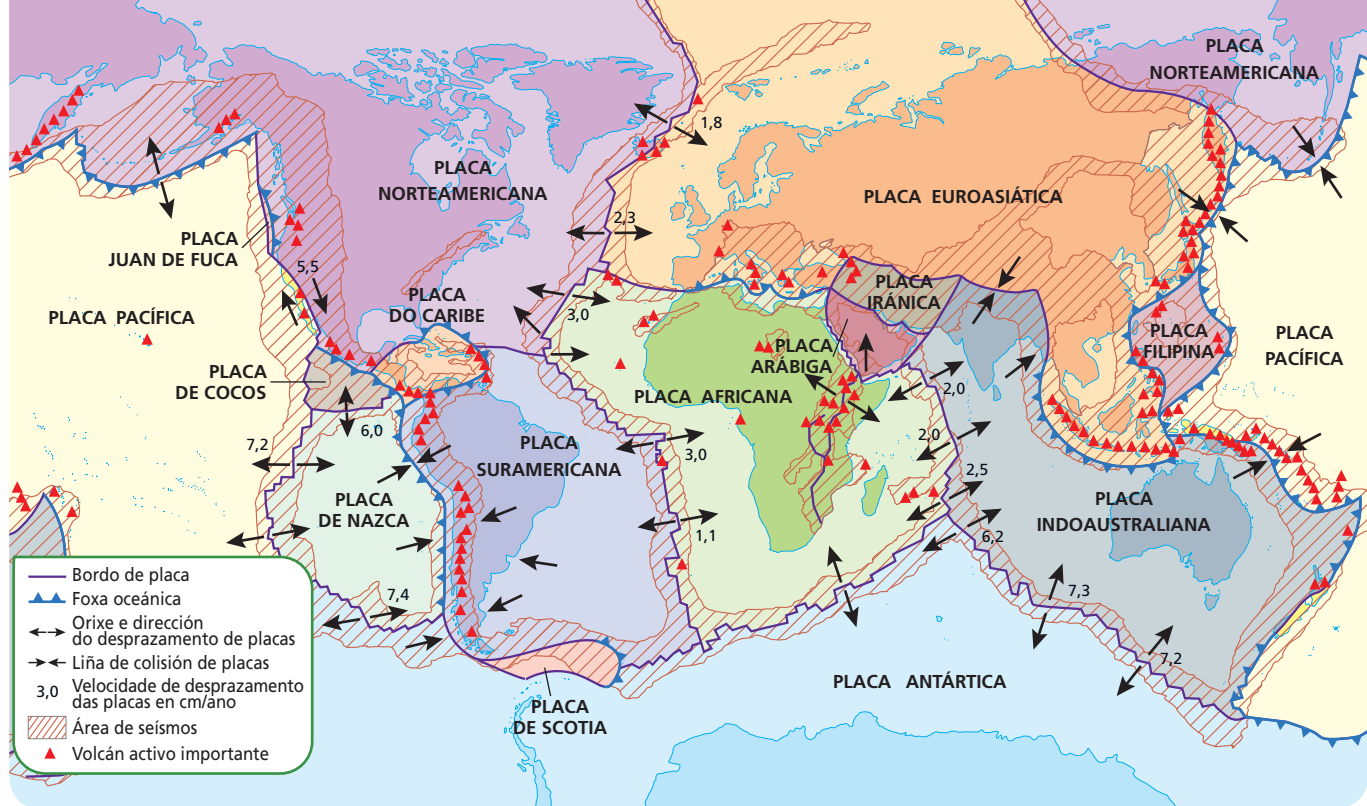
- A cartografía de fondos oceánicos mostra dorsais, foxas e grandes fallas submarinas.
- Medicións directas realizadas por diversos métodos demostraron o desprazamento e a dirección que seguen as placas actuais.



- O espesor dos sedimentos diminúe desde os bordos continentais ata ser case inexistentes nas dorsais.



- A idade das rochas aumenta desde o centro das dorsais cara aos continentes. Ademais, non se encontraron rochas de máis de 185 m.a. nos fondos oceánicos.



Movimentos relativos das placas

Os lugares de contacto entre as placas denomínanse **bordos**. Segundo sexan os movementos relativos entre as placas, nos seus bordos producíranse diversos fenómenos xeolóxicos en que haberá creación, destrución ou conservación da litosfera. Neles prodúcense intensos fenómenos xeolóxicos, como terremotos, actividade volcánica, subsidencia, etc.

O tipo de bordo depende dos movementos relativos que realicen as placas e de como actúan entre elas.

? INTERPRETA A IMAXE

- 14 Fai unha listaxe coas placas que sexan oceánicas e coas que sexan mixtas.

Tipos de bordo	Sucesos que se producen	Estruturas xeolóxicas que xeran
Converxente	Colisión dos continentes.	Fenómenos oroxénicos (montañas, cordilleiras, etc.).
	Destrucción de litosfera oceánica.	Zonas de subdución.
Diverxente	Creación de litosfera oceánica.	Formación de dorsais oceánicas.
De cizalla	Bordos conservadores ou pasivos.	Fallas transformantes.

ACTIVIDADES

- 15 Explica a relación que existe entre as correntes de convección do manto e o movemento das placas litosféricas. Que teñen que ver as foxas e as dorsais oceánicas neste proceso?
- 16 Completa a táboa con exemplos de cada tipo de bordo.
- 17 Existen placas tectónicas compostas integramente de codia continental? En que tipo de placas podemos encontrala?

ACTIVIDADES FINAIS



REPASA O ESENCIAL

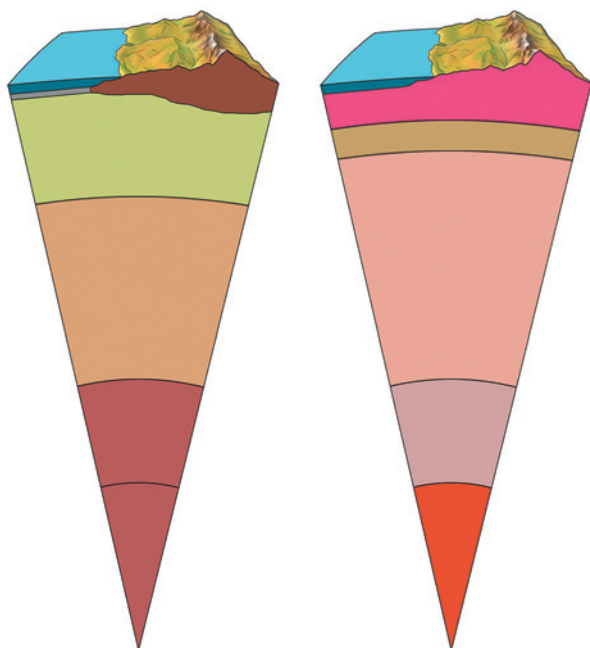
18 RESUMO. Copia e completa os contidos que faltan.

- A hipótese da acreción planetesimal é _____.
- As ondas P e a ondas S diferéncianse en _____.
- Segundo o modelo xeoquímico, a Terra _____.
- Segundo o modelo xeodinámico, a Terra _____.
- As correntes de convección son _____.
- A isostase é _____.
- A deriva continental e a expansión dos océanos son _____.
- Os postulados da teoría da tectónica de placas din que _____.
- Os bordos de placa poden ser _____.

19 Explica brevemente o proceso polo que a Terra se diferenciou en capas.

20 Que criterios se seguiron para elaborar os dous modelos sobre a estrutura interna da Terra?

21 Copia no caderno a maior tamaño os seguintes esquemas e complétaos segundo as instrucións.

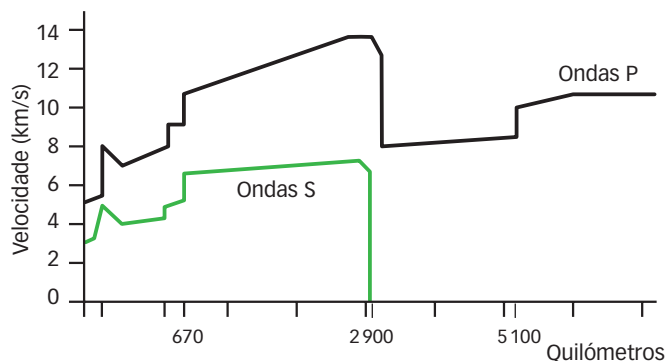


- a) Indica a que modelo corresponde cada debuxo e rotula as partes en que se estrutura a Terra en cada un.
- b) Escribe a profundidade á que se encontran as discontinuidades e rotula o seu nome.

22 Explica a relación que existe entre os penachos térmicos, os puntos quentes, as correntes de convección, a zona D" e o campo magnético terrestre.

23 Copia no caderno a seguinte gráfica sobre a variación das ondas P e S na xeosfera e sinala sobre ela:

- a) As discontinuidades de Mohorovicic, de Gutenberg e de Wiechert-Lehmann.
- b) Codia, manto e núcleo interno e externo.



24 Completa no caderno a táboa seguinte sobre a estrutura da Terra segundo o modelo xeodinámico.

Capa	Grosor	Composición e fenómenos que teñen lugar
_____	_____	_____

25 Explica a diferenza entre subsidencia e subdución.

26 Explica as hipóteses da deriva continental de Wegener e a expansión dos fondos oceánicos de Hess e relaciónaas cos postulados da teoría da tectónica de placas.

27 Que é o campo magnético terrestre? Que fenómeno é o causante da súa formación? É sempre igual ou variou ao longo do tempo?

28 Cal é o motor que move as placas? Fai un esquema deste mecanismo.

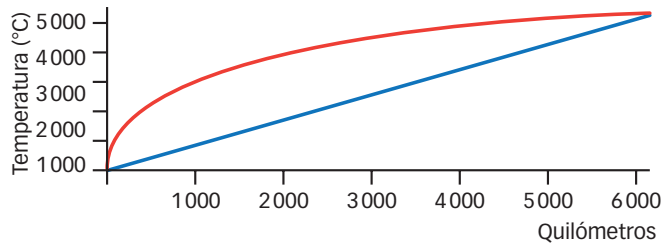
29 É o mesmo fluxo térmico ca gradiente xeotérmico? Xustifica a resposta.

30 Copia no caderno e completa a táboa seguinte.

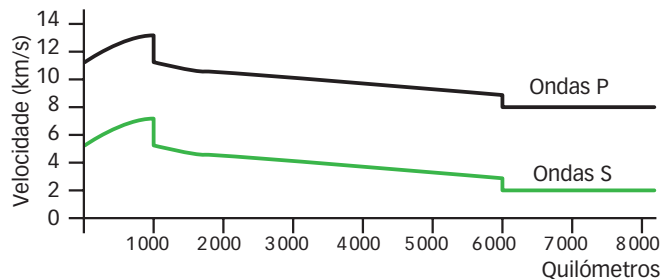
Tipos de bordo	Sucesos	Exemplos
Converxentes	_____	_____
	_____	_____
_____	Xérase litosfera oceánica	_____
_____	_____	_____

PRACTICA

- 31 Observa as gráficas do gradiente xeotérmico de dous planetas distintos. Cal dos dous sería mellor candidato para explotar a súa enerxía xeotérmica? Cal delas podería ser da Terra? Razona por que.

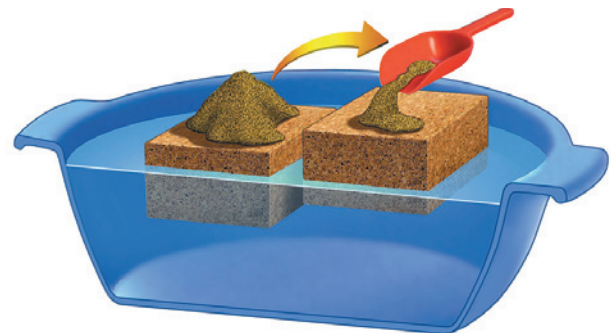


- 32 Observa a seguinte gráfica de ondas P e S dun planeta imaxinario. Identifica as discontinuidades e sinala as características máis importantes da composición de cada capa.



- 33 Imaxina que tes a montaxe da figura, formada por dúas balsas de cortiza flotando na auga. Unha ten un montón de area e a outra non. Cunha culleriña vas collendo a area da primeira e levándoa á segunda.

- Como reacciona a primeira balsa a medida que lle quitas peso?
- E a segunda a medida que llo engades?
- Que procesos xeolóxicos estás representando?
- Que zonas da superficie terrestre relacionadas coa erosión e coa sedimentación representa cada unha das balsas?



FORMAS DE PENSAR. Análise científica

«Cinto de fogo» do Pacífico

O «cinto de fogo», localizado nas costas do Pacífico, caracterízase por unha intensa actividade sísmica e volcánica relacionada co movemento das placas tectónicas.

A sección oriental do cinto é o resultado da subdución da placa de Nazca e da placa de Cocos debaixo da placa suramericana. O mesmo acontece nos puntos onde coliden a placa Pacífica coa Norteamericana, coa Filipina e coa Indoaustraliana.

Este enorme e complexo sistema serviu como unha das probas máis importantes para confirmar a teoría da tectónica de placas.

- 34 **COMPRESIÓN LECTORA.** Que tipos de fenómenos xeolóxicos asociados aos bordos de placa se citan no texto?

- 35 **COMPRESIÓN LECTORA.** Segundo a información que proporciona o texto, ¿o océano Pacífico está aumentando a súa extensión ou estase reducindo?



- 36 **EXPRESIÓN ESCRITA.** Por que os volcáns non se encontran diseminados ao azar na superficie terrestre?

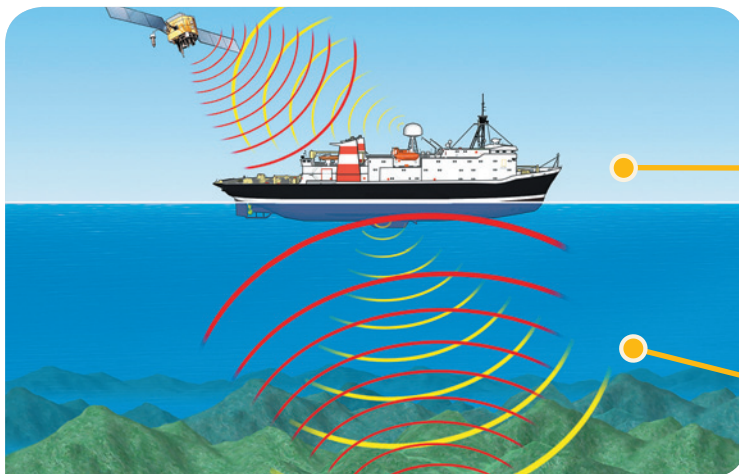
- 37 **EXPRESIÓN ESCRITA.** Argumenta de que xeito este anel constitúe unha proba da teoría da tectónica de placas.



Interpretar mapas batimétricos

O desenvolvemento da técnica do sonar (*SOUND Navigation and Ranging*), a partir dos anos corenta do pasado século, permitiu cartografiar os fondos oceánicos.

Esta tecnoloxía foi fundamental para o coñecemento da formación dos continentes e o desenvolvemento da teoría da tectónica de placas.

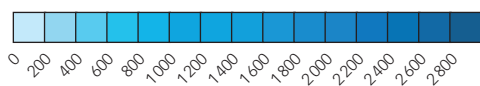
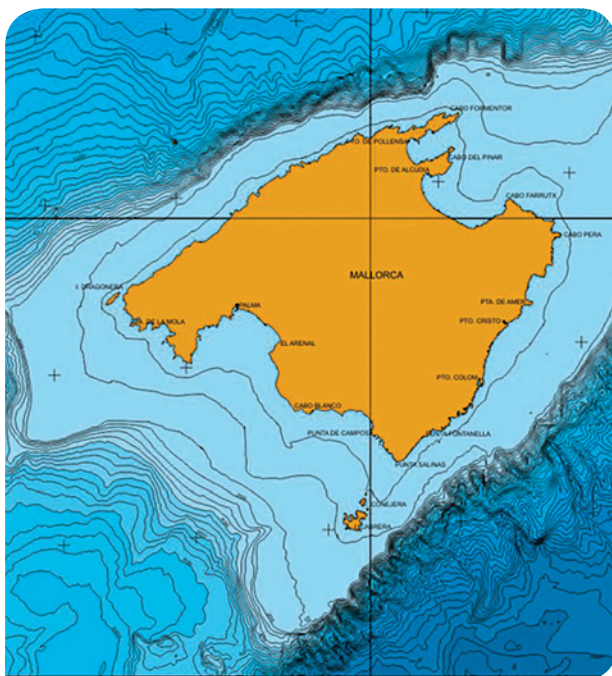


O sonar, instrumento derivado do radar, emite sinais acústicos que, tras chocar cun obxecto (rochas do fondo, por exemplo), «rebotan» ata o aparello emisor.

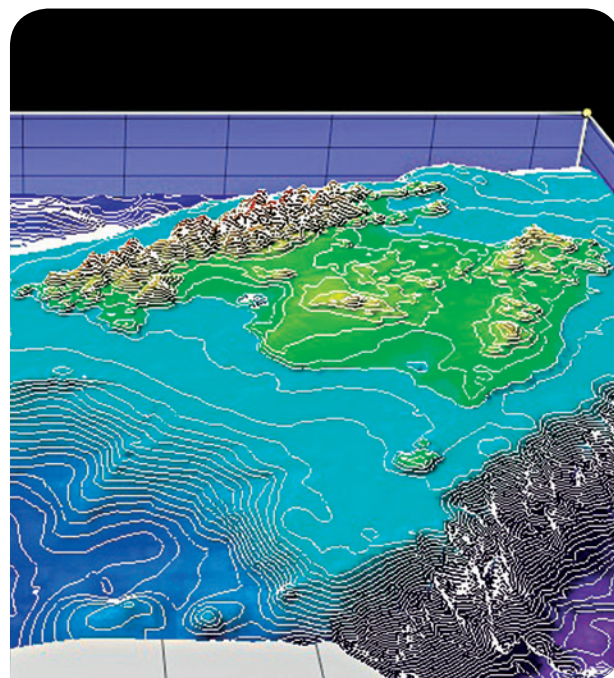
Coñecendo a velocidade do son na auga e rexistrando o tempo que tardan as ondas no seu camiño de ida e volta, dedúcese a distancia á que se encontra un punto determinado.

A partir dos datos obtidos en diversos puntos dunha traxectoria, realízanse **mapas batimétricos**, similares aos topográficos, en que se representa a profundidade cunha escala de cores.

O desenvolvemento da tecnoloxía GPS e os sistemas informáticos permite crear modelos batimétricos dixitais en 3D moi precisos, con medicións próximas a un centímetro.



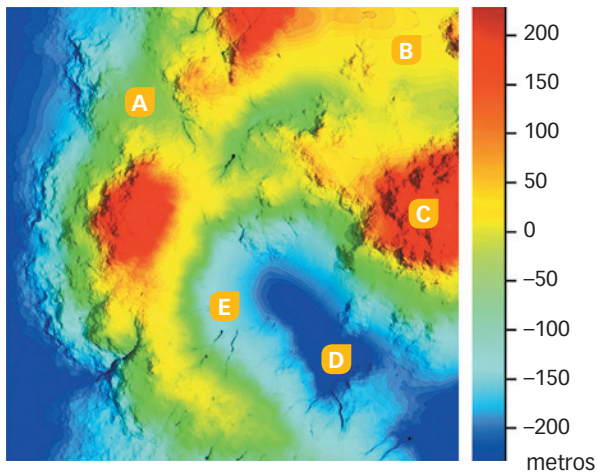
Isóbatas cada 50 metros



1000 500 0 -500 -1000 -1500 -2000 -2500

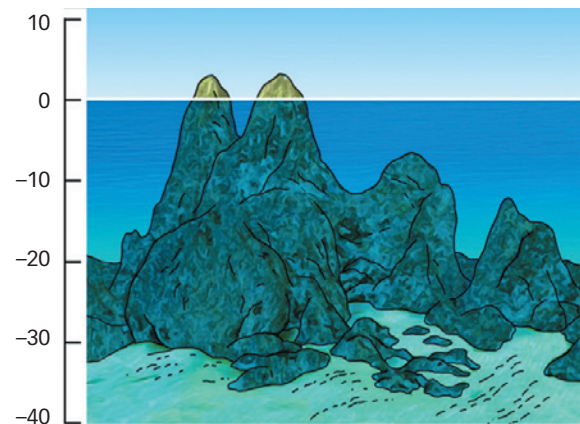
ACTIVIDADES

- 38 Observa o seguinte mapa batimétrico e contesta no caderno as preguntas.



- Ordena de menor a maior profundidade os puntos indicados con letras.
- Obsérvase no mapa terra emerxida? Como o sabes?
- En que lugar se observa unha maior pendente?

- 39 Realiza no caderno un borrador dun posible mapa batimétrico da seguinte imaxe. Para representar a profundidade utiliza unha escala de cores que ti elixas.



- 40 **USA AS TIC.** Busca información sobre a tecnoloxía do sonar e a súa historia e realiza unha liña do tempo cos seus eventos máis importantes.



TRABALLO COOPERATIVO

Un vídeo sobre a tectónica de placas

Coa cámara dun teléfono, elaborade un vídeo de 1 a 2 minutos de duración para explicar a tectónica de placas. Podedes usar cartolinas ou plastilina para fabricar o modelo.

Para facelo, cómpre actuar coordinadamente nas diversas fases do proxecto. Repartide a tarefa en grupos:

- **Redacción.** Establecen os contidos que se van explicar no vídeo e preparan o texto.
- **Produción.** Encárganse de que o material, desde o dispositivo de gravación ata as cartolinas ou a plastilina, estea a punto no lugar e no momento decidido para a rodaxe.
- **Imaxe, son e efectos sonoros.** Controlan a iluminación, a gravación da voz (ou voces) da narración, música, etc.
- **Realización.** Coordinan ao resto e deciden os planos e a montaxe; controlan o tempo dedicado a cada secuencia ata a edición ou terminación do produto.
- **Difusión.** Encárganse de presentalo e divulgalo, ou empregan outras formas de difusión que se deciden en grupo.

